



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 30 088 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**B 25 D 17/04**

②1 Aktenzeichen: 101 30 088.3  
②2 Anmeldetag: 21. 6. 2001  
④3 Offenlegungstag: 16. 1. 2003

DE 101 30 088 A 1

⑦1 Anmelder:  
Hilti AG, Schaan, LI

⑦4 Vertreter:  
TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR  
Patentanwälte, 81679 München

⑦2 Erfinder:  
Schmitzer, Harald, Feldkich-Tosters, AT; Tichy,  
Stefan, Frastanz, AT; Schaer, Roland, Grabs, CH

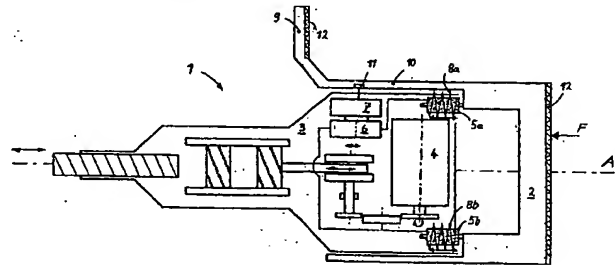
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 196 46 622 A1  
DE 34 05 922 A1  
US 42 82 938

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Schlagendes Elektrohandwerkzeuggerät mit aktiver Vibrationsdämpfung

⑤7 Ein Elektrohandwerkzeuggerät (1) zur Erzeugung einer zumindest teilweise längs einer Schlagachse (A) schlagenden Beanspruchung für ein Werkzeug mit einer aktiven Vibrationsdämpfung an einem Handgriff (2), wobei zwischen dem Handgriff (2) und der vibrierenden Schlagwerksbaugruppe (3) zumindest eine elastische Feder (8a, 8b) zur Überbrückung zumindest eines elektronischen Aktors (5a, 5b) angeordnet ist.



DE 101 30 088 A 1

[0001] Die Erfindung bezeichnet ein zumindest teilweise schlagendes Elektrowerkzeuggerät wie einen Bohr- oder Meisselhammer mit einer aktiven Vibrationsdämpfung an den Handgriffen.

[0002] Durch die zweckentsprechende Wechselwirkung mit einem Werkstück eines durch die Gravitation und den Nutzer über den Handgriff druckseitig vorbelasteten und vom Elektrowerkzeuggerät axial überlagernd, schlagend angetriebenen Werkzeugs führt der Handgriff axiale Schwingungen aus, die möglichst vollständig zu unterbinden sind. Diese Schwingungen setzen sich aus dem Rücksprung des Werkzeugs, dem Rückstoß des Schlagwerkes und der Vibration der unausgewuchteten Exzentermasse zusammen. Die Hauptschwingung, deren Schnelle im gewichteten Beschleunigungsmittel  $2.5 \text{ m/s}^2$  zum Schutz des Nutzers nicht überschreiten sollte, erfolgt parallel der Schlagachse. Somit erzwingt dieses Vibrationsverhalten eine Leistungsbegrenzung schlagender Elektrowerkzeuggeräte.

[0003] Nach der GB 2154497 ist eine bezüglich der Schlagwerksbaugruppe mit dem Schlagwerk längs der Schlagachse begrenzt beweglich gelagerte, schwere, schwingungsisolierte Gehäusebaugruppe steif mit dem Handgriff sowie mit dem seitlichen Zusatzhandgriff verbunden, wodurch die Vibrationen aktiv in dazwischen angeordneten, viscoelastischen Dämpfern gedämpft werden.

[0004] Nach der US 5322131 weist ein schlagendes pneumatisches Handwerkzeuggerät eine aktive, pressluftgeregelte Schwingungsdämpfung auf, wobei an einer axial begrenzt beweglichen, reibungsarm gelagerten, topfförmigen Griffgehäusekappe ein U-förmiger Handgriff angeordnet ist.

[0005] Nach der DE 35 21 808 wird in dem beweglichen Bereich über mit Gleichstrom geregelten Tauchspulen als elektromechanische Aktoren eine nahezu konstante Gegenkraft auf den begrenzt beweglichen, druckbelasteten Handgriff elektromagnetisch erzeugt, damit im Resultat eine konstante Kraft am Handgriff angreift. Zum Lageausgleich des Handgriffs des Handwerkzeuggerätes erfolgt eine integrale Regelung des Abstands, welcher über Sensoren gemessen wird, vom Handgriff zum Gehäuse. Die elektromechanischen Aktoren müssen die gesamte Gegenkraft zum Handgriff aufbringen und deshalb, ebenso wie deren Spannungsquelle, entsprechend gross dimensioniert sein, welche zusätzliches Volumen und Gewicht aufweisen, das in Handwerkzeuggeräten nur begrenzt verfügbar ist.

[0006] Nach der DE 196 46 622 wird die Gegenkraft auf den druckbelasteten Handgriff oder die Position von einem, durch einen Sensor vibrationsgesteuerten, Mikroprozessor elektromagnetisch über krafterzeugende Tauchspulen als elektromechanische Aktoren geregelt, wodurch die über Sensoren ermittelte Vibration des Handgriffs durch direkt erregte Gegenschwingungen kompensiert und somit aktiv ausgeregelt werden. Die elektromechanischen Aktoren sind in Reihe mit viscoelastischen Dämpfern angeordnet und müssen daher ebenso die gesamte Gegenkraft zum Handgriff aufbringen und deshalb, ebenso wie deren Spannungsquelle, entsprechend gross dimensioniert sein.

[0007] Der Offenbarungsgehalt der DE 35 21 808 und der DE 196 46 622 wird durch den Fachmann zum Verständnis herangezogen.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung besteht in einer Realisierung einer Vibrationsdämpfung am Handgriff eines Handwerkzeuggerätes mit hinreichend klein dimensionierten, elektromechanischen Aktoren und Spannungsquellen.

[0009] Die Aufgabe wird im wesentlichen durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte

Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Im wesentlichen weist ein zumindest teilweise längs einer Schlagachse schlagendes Elektrowerkzeuggerät mit einer aktiven Vibrationsdämpfung an einem Handgriff, welcher längs der Schlagachse bezüglich einer vibrierenden Schlagwerksbaugruppe mit einem Schlagwerk begrenzt beweglich gelagert ist, zwischen dem Handgriff und der vibrierenden Schlagwerksbaugruppe zumindest einen elektromechanischen Aktor auf, welcher von einem, durch einen Sensor vibrationsgesteuerten, Mikroprozessor dynamisch zur Vibrationsverminderung am Handgriff geregelt ist, zumindest eine den Aktor überbrückende Feder auf.

[0011] Durch die bezüglich des Kraftflusses zumindest teilweise parallel zum Aktor angeordnete Feder teilt sich der Kraftfluss zwischen der Feder und dem elektromechanischen Aktor auf, so dass der elektromechanische Aktor nur einen Teil der zur Einstellung des Kraftgleichgewichts notwendigen Gegenkraft zum Handgriff aufbringen muss und dementsprechend kleiner dimensionierbar ist. Entsprechend kleiner dimensionierbar ist ebenfalls die Stromversorgung des elektromechanischen Aktors, vorteilhaft in Form eines elektronischen Leistungsschalters. Die optimale Steuerung zur Ansteuerung des elektromechanischen Aktors ist, optional mit mehreren über Sensoren gemessenen Parametern wie der Orientierung des Handwerkzeuggerätes, der Schwingungsamplitude der Schlagwerksbaugruppe, der gemittelten Kraft am Handgriff etc. gerätetypspezifisch ermittelt und über den Mikroprozessor aus einem Speicher zeitgesteuert auslesbar und/oder berechenbar.

[0012] Vorteilhaft weist die Feder eine hohe Güte auf und ist insbesondere nicht viscoelastisch, wodurch der elektromechanische Aktor keine zusätzliche passive Dämpfung überwinden muss. Weiter vorteilhaft sind die Führungslager für die axial begrenzte Beweglichkeit möglichst reibungsfrei ausgeführt, bspw. als Kugelbuchsen und Gleitlager.

[0013] Vorteilhaft ist der elektromechanische Aktor parallel zur Schlagachse angeordnet, wodurch die Regelstrecke ohne weitere konstruktive Massnahmen direkt und technologisch einfach zur aktiven Vibrationsdämpfung verwendet werden kann.

[0014] Vorteilhaft ist der elektromechanische Aktor im Druckbereich und im Zugbereich wirkend ausgebildet, wodurch dieser nur die minimale, direkt durch die Vibration erzeugte, dynamische Kraftdifferenz ausgleichen muss und somit leistungsmässig geringer dimensioniert werden kann.

[0015] Vorteilhaft ist die Feder als längs der Schlagachse angeordnete Druckfeder ausgebildet, wodurch ein wesentlicher Anteil der Anpresskraft des Nutzers ohne weitere konstruktive Massnahmen direkt und technologisch einfach aufgenommen werden kann. Die Steifigkeit der Feder beträgt vorteilhaft  $30 \dots 50 \text{ N/mm}$ .

[0016] Vorteilhaft ist die Feder mit dem elektromechanischen Aktor koaxial zu einer Dämpfungsbaugruppe kombiniert, wobei weiter vorteilhaft die Feder als eine selbsttragende, sich koaxial um den elektromechanischen Aktor herum windende Spiralfeder ausgeführt ist, wodurch ein sehr kompakter Aufbau möglich ist und zudem keine Biegemomente auftreten.

[0017] Vorteilhaft sind zwei, quer zur Schlagachse voneinander beabstandete, elektromechanische Aktoren bzw. Dämpfungsbaugruppen vorhanden, welche weiter vorteilhaft den Stützen eines U-förmig ausgebildeten Handgriffs zugeordnet sind.

[0018] Vorteilhaft sind die zwei elektromechanischen Aktoren bzw. Dämpfungsbaugruppen in einer Ebene angeordnet, in welche die nach der Hauptvibration zweitgrösste Nebenvibration auftritt, sowie durch den Mikroprozessor getrennt angesteuert, wodurch über die Differenz der jeweili-

gen Wirkung beider elektromechanischen Aktoren bzw. Dämpfungsbaugruppen, vermittelt über den Abstand innerhalb dieser Ebene zusätzlich die in einer anderen Richtung schwingende Nebenvibration aktiv dämpfbar ist. Über einen weiter vorteilhaft ausserhalb dieser Ebene entsprechend angeordneten dritten Aktor bzw. Dämpfungsbaugruppe sind alle Raumrichtungen aktiv dämpfbar.

[0019] Vorteilhaft ist die Masse der Schlagbaugruppe möglichst gross, insbesondere grösser als die der restlichen Baugruppen, welches durch Anordnung möglichst vieler Bauteile in dieser erzielbar ist, wodurch die Leistung des Handwerkzeuggerätes zunimmt.

[0020] Vorteilhaft ist zusätzlich auch der seitliche Zusatzhandgriff schwingungsgedämpft, indem dieser weiter vorteilhaft gemeinsam mit dem Handgriff über eine aktiv schwingungsgedämpfte, topfförmige Griffgehäusekappe starr verbunden ist.

[0021] Vorteilhaft sind weitere übliche Massnahmen zur passiven Vibrationsreduzierung am Handgriff, bspw. die Verwendung von viscoelastischen Materialien bei der Befestigung und/oder dem Aufbau des Handgriffs zur passiven Schwingungsdämpfung, mit der erfindnerischen Lösung kombiniert, wodurch zusätzlich insbesondere Schwingungsfrequenzen oberhalb des aktiv gedämpften Frequenzspektrums unterdrückt werden.

[0022] Vorteilhaft ist der aus Sensoren, Mikroprozessor und Aktoren bestehende Regelkreis für eine aktive Regelung über den Bereich von 10 bis 100 Hz, weiter vorteilhaft von 2 bis 400 Hz, bei Samplingzeiten kleiner 1 ms, vorteilhaft kleiner 200 us ausgebildet.

[0023] Vorteilhaft ist der Regelkreis zur Regelung entsprechend eines der Regelungsprinzipien: Feedforward, Feedback oder eines Mischprinzips ausgebildet, vorteilhaft mit Feedback.

a) Beim Feedback der Griffbeschleunigung wird die Beschleunigung am Handgriff gemessen und über einen PT1-Regler (Proportional-Tiefpass-Regler) mit phasenanhebendem Glied an die Aktoren als Steuerung zurückgeführt. Ziel der Regelung ist der Null-Sollwert für die Griffbeschleunigung. Ausführungen mit einem oder zwei Sensoren sind möglich.

b) Feedback der Maschinenbeschleunigung und der Gegen-EMK (elektromotorische Kraft)

Da es vorteilhaft ist, den Sensor auf der Elektronikplatine auf der Maschine unterzubringen, wird bei dieser Variante die Gegeninduktion, welche im Aktor bei der relativen Bewegung der Spule zu dem Magnet entsteht, verwendet. Diese Gegeninduktion kann aus der Beziehung von Strom zu Spannung sowie den Aktorparametern (Induktivität und Widerstand) berechnet werden. Da bei einem Handgriff in Ruhelage diese Relativbewegung alleine durch die Maschinenbewegung bestimmt ist, und diese wiederum durch Integrieren aus der Beschleunigungsinformation berechenbar ist, kann diese Gegeninduktion auf den geschwindigkeitproportionalen Wert geregelt werden.

c) Feedforward der Maschinenbeschleunigung

Für den Fall, dass nur eine sehr geringe Lagerreibung oder bzw. eine sehr konstante Lagerreibung auftritt, ist eine Variante mit Feedforwardregelung vorteilhaft, da eine messbare Maschinenbeschleunigung immer gleiche Auswirkungen (Kräfte) auf die Griffmasse hat und diese über einen Feedforward-Regelkreis kompensiert werden können. Der Vorteil der Feedforwardregelung ist die gesicherte Stabilität, die bei Feedback-Regelkreisen nicht gegeben ist.

d) Feedback der Distanzinformation

Bei dieser vorteilhaften Variante wird die Distanz zwischen den entkoppelten Massen gemessen und über einen Feedback-Regelkreis als Steuerspannung zurückgeführt.

e) Feedback der Kraft zwischen Griff und Maschine  
Alternativ zu der Griffbeschleunigung kann in einer vorteilhaften Variante auch die Kraft am Handgriff gemessen werden und diese, nach Anwendung eines Hochpassfilters, auf 0 geregelt werden, um den Handgriff in einer konstanten Lage zu halten.

[0024] Die Erfindung wird bezüglich eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels näher erläutert mit einer Darstellung des prinzipiellen Aufbaus eines Elektrohandwerkzeuggerätes mit einer aktiven Vibrationsdämpfung.

[0025] Nach der Darstellung weist ein längs einer Schlagachse A schlagend schwingendes Elektrohandwerkzeuggerät 1 eine aktive Vibrationsdämpfung für einen mit der Anpresskraft F beaufschlagten Handgriff 2 auf, welcher längs der Schlagachse A bezüglich einer vibrierenden Schlagwerksbaugruppe 3 mit einem pneumatischen, exzentergetriebenen Schlagwerk begrenzt beweglich gelagert ist. Zwischen dem Handgriff 2 und der vibrierenden Schlagwerksbaugruppe 3 mit dem massereichen, antreibenden Elektromotor 4 sind zwei parallel zur Schlagachse A sowie quer zur Schlagachse A in der Ebene des Handgriffs 2 voneinander beabstandete, im Druckbereich und im Zugbereich wirkende, elektromechanische Aktoren 5a, 5b in Form von Schwingspulen angeordnet, welche über einen Leistungstreiber 6 einzeln mit einem Mikroprozessor 7 verbunden sind. Das Elektrohandwerkzeuggerät 1 weist zwei, die Aktoren 5a, 5b überbrückende, ungedämpfte, als Spiraldruckfeder ausgebildete, elastische Federn 8a, 8b auf, welche jeweils mit einem der elektromechanischen Aktoren 5a, 5b koaxial zu zwei Dämpfungsbaugruppen kombiniert sind. Ein seitlicher Zusatzhandgriff 9 ist gemeinsam mit dem Handgriff 2 über die aktiv schwingungsgedämpfte, topfförmige Griffgehäusekappe 10 starr verbunden, welche einen Sensor 11 in Form eines Beschleunigungsaufnehmers beinhaltet, welcher signalübertragend mit dem Mikroprozessor 7 verbunden ist. Der Zusatzhandgriff 9 und der U-förmige Handgriff 2 weisen einen zusätzlichen passiven viscoelastischen äusseren Dämpfbelag 12 auf.

#### Patentansprüche

1. Elektrohandwerkzeuggerät zur Erzeugung einer zumindest teilweise längs einer Schlagachse (A) schlagenden Beanspruchung für ein Werkzeug mit einer aktiven Vibrationsdämpfung an einem Handgriff (2), welcher bezüglich einer vibrierenden Schlagwerksbaugruppe (3) mit einem Schlagwerk längs der Schlagachse (A) begrenzt beweglich gelagert ist, wobei die Vibrationsdämpfung zwischen dem Handgriff (2) und der vibrierenden Schlagwerksbaugruppe (3) zumindest einen elektromechanischen Aktor (5a, 5b) aufweist, welcher von einem, durch einen Sensor (11) vibrationsgesteuerten, Mikroprozessor (7) dynamisch zur Vibrationsverminderung am Handgriff (2) geregelt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Handgriff (2) und der vibrierenden Schlagwerksbaugruppe (3) zumindest eine elastische Feder (8a, 8b) zur Überbrückung des elektromechanischen Aktors (5a, 5b) angeordnet ist.

2. Elektrohandwerkzeuggerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine elastische Feder (8a, 8b) ungedämpft ist und die Führungslager für die axial begrenzte Beweglichkeit reibungsarm

ausgeführt sind.

3. Elektrohandwerkzeuggerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der elektromechanische Aktor (5a, 5b) parallel zur Schlagachse (A) angeordnet ist.

5

4. Elektrohandwerkzeuggerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der elektromechanische Aktor (5a, 5b) im Druckbereich und im Zugbereich wirkend ausgebildet ist.

5. Elektrohandwerkzeuggerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elastische Feder (8a, 8b) als längs der Schlagachse angeordnete Druckfeder ausgebildet ist, deren Steifigkeit optional 30. . . 50 N/mm beträgt.

10

6. Elektrohandwerkzeuggerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die elastische Feder (8a, 8b) mit dem elektromechanischen Aktor (5a, 5b) koaxial zu einer Dämpfungsbaugruppe kombiniert ist, und optional als eine selbstragende, sich koaxial um den elektromechanischen Aktor (5a, 5b) herum windende Spiralfeder ausgeführt ist.

15

20

7. Elektrohandwerkzeuggerät nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwei, quer zur Schlagachse (A) voneinander beabstandete, elektromechanische Aktoren (5a, 5b) bzw. Dämpfungsbaugruppen vorhanden sind, welche optional den Stützen eines U-förmig ausgebildeten Handgriffs (2) zugeordnet sind.

25

8. Elektrohandwerkzeuggerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei elektromechanische Aktoren (5a, 5b) bzw. Dämpfungsbaugruppen in einer Ebene angeordnet, in welche die nach der Hauptvibration zweitgrößte Nebenvibration auftritt, sowie durch den Mikroprozessor (7) getrennt ansteuerbar sind.

35

9. Elektrohandwerkzeuggerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8; dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein seitlicher Zusatzhandgriff (9) schwingungsgedämpft angeordnet ist, welcher optional gemeinsam mit dem Handgriff (2) über eine aktiv schwingungsgedämpfte, topfförmige Griffgehäusekappe (10) starr verbunden ist.

40

10. Elektrohandwerkzeuggerät nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der aus Sensor (11), Mikroprozessor (7) und Aktor (5a, 5b) bestehende Regelkreis für eine aktive Regelung über den Bereich von 10 bis 100 Hz, optional von 2 bis 400 Hz, bei Samplingzeiten kleiner 1 ms, optional kleiner 200 µs ausgebildet ist sowie optional als Feedback-Regelkreis ausgebildet ist.

50

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65